

## مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

سال پنجم، شماره نوزدهم، بهار ۱۳۹۴

دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۲۷

تأیید نهایی: ۹۴/۲/۸

صص ۱-۱۱

### بررسی آزمایشگاهی تاثیر پلیمر اکریلیک در تثبیت خاکهای ریزدانه به منظور کاهش ریزگردها در مناطق خشک و نیمه خشک

غلامرضا تدین فر، عضو هیأت علمی دانشگاه حکیم سبزواری

نرجس شهیمیری\*، کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست - سازمان حفاظت محیط زیست (دفتر پایش فراگیر)

#### چکیده

کشور ایران به دلیل واقع شدن بخش‌های عظیمی از آن (۲۱٪ مساحت کل) بر روی کمربند خشک و نیمه خشک جهان، در زمره کشورهای مستعد طوفان‌های گرد و خاک قرار دارد. وزش بادهای موسمی موجب می‌گردد که توده‌ای از ذرات رس و سیلت بصورت ریزگرد و گاه دود در جو پخش شده و دید افقی را بین ۱ تا ۲ کیلومتر محدود کند. در این راستا موضوع تثبیت ذرات ریز خاک با استفاده از پلیمر به عنوان روشی برای کاهش تولید گرد و غبار از محل‌های مستعد، تعریف می‌شود که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه‌های ساخته شده در این مطالعه عبارت بودند از ذرات خاک به اضافه درصد‌های مختلفی از پلیمر (۰، ۰/۵، ۱، ۲، ۳/۵، ۴ و ۳ درصد نسبت به وزن خاک خشک) که بطور کامل با هم مخلوط شده بودند. این نمونه‌ها تحت شرایط محیط آزمایشگاهی به مدت ۷ روز نگهداری می‌شدند تا پس از اطمینان از خشک‌شدگی کامل، پایداری آنها در مقابل وزش باد مورد بررسی قرار گیرد. با افزودن پلیمر به خاک، اگرچه وزن مخصوص خشک خاک، نسبت به حالت خاک بدون پلیمر کاهش یافت؛ اما افزودن پلیمر به خاک، افزایش چشم‌گیری در پایداری خاک در مقابل وزش باد با سرعت ۷۲ کیلومتر بر ساعت از خود نشان داد. بهترین حالت برای افزایش ۴ درصدی پلیمر به خاک بدست آمد که بر اساس آن پایداری تقریباً ۱۵ برابر بیشتر از خاک فاقد پلیمر (نظیر خاک مناطق خشک و نیمه خشک) بود.

**کلمات کلیدی:** ریزگرد، پلیمر اکریلیک، مناطق خشک و نیمه خشک، پایداری در برابر وزش باد.

\* Email: [narges\\_shahmiri@yahoo.com](mailto:narges_shahmiri@yahoo.com)

## ۱- مقدمه

طوفان گردوغبار، باد مخصوص نواحی خشک و نیمه خشک است که بر اثر وزش آن، ابر متراکمی از گردوغبار تا ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متر در فضا ایجاد می‌کند. تراکم این ابر غبار آلود آنقدر زیاد است (تقریباً ۴۰۰۰ تن غبار در هر کیلومتر مکعب هوا) که بتواند جلوی دید را بطور کامل مسدود کند. (Bawsher & Kit, 1994: 32)

این طوفان‌ها به سه روش ذرات ریز را از سطح زمین جابجا می‌کنند:

۱- حالت معلق که ذرات با قطر کمتر یا مساوی ۱۰۰ میکرون را دربرمی‌گیرد و ۳ تا ۳۸ درصد کل موارد را شامل می‌شود.

۲- حرکت جهشی که ذرات با قطر ۱۰۰ تا ۵۰۰ میکرون را به حرکت در می‌آورد و ۵۵ تا ۷۵ درصد از کل ذرات را شامل می‌شود.

۳- حرکت غلتشی که ذرات با قطر ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرون را به چرخش و می‌دارد، این حالت ۷ تا ۲۵ درصد کل موارد را شامل می‌شود.

سازمان جهانی هواشناسی (WMO) تعاریفی برای رخدادهای ریزگرد که شامل برداشت ذرات ریز از سطح اراضی و ورود آن‌ها به اتمسفر می‌شود بصورت زیر ارائه داده‌است. (McTainsh and Pitblado, 1987: 16):

(الف) طوفان‌های ریزگردی (Dust storms): در نتیجه آشفته‌گی جریان هوا و تلاطم باد، مقدار زیادی ریزگرد (به طور عمده سیلت (لای و رس) به هوا منتقل می‌شود و افق دید به کمتر از ۱۰۰۰ متر می‌رسد.

(ب) وزش ریزگردی (Blowing dust): به وسیله وزش باد تا ارتفاع قابل توجهی از سطح زمین به وقوع می‌پیوندد و باعث کاهش دید بین ۱ تا ۲ کیلومتر می‌شود. (بدون آشفته‌گی هوا).

(ج) غبار ریزگردی (Dust haze): توسط ذرات ریزگرد که به صورت معلق حمل می‌شوند، به وجود می‌آید. این ذرات قبل از وقوع طوفان‌های ریزگرد، از سطح زمین بلند می‌شوند.

(د) ریزگردهای چرخشی (Dust devils): در اثر وزش تند باد، ستون‌های مرتفع سرگردانی از ریزگرد به وجود می‌آیند که می‌تواند ارتفاع آن‌ها به ۳۰۰ متر یا بیشتر برسد.

## ۱-۱- طوفان‌های گردوغبار و اثر آن بر محیط زیست

در واقع ایجاد گردوغبار می‌تواند نوعی واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد. (آذری، ۱۳۶۳: ۴۱) گردوغبار معمولاً بر فعالیت‌های انسان و محیط زیست از جمله تشکیل و خصوصیات ابر و میزان نزولات جوی، کاهش دید، افزایش درجه حرارت هوا، تخریب کیفیت هوا، نقل و انتقال بیماری‌ها و مشکلات تنفسی اثرات منفی دارد. غبار اتمسفری مانع از نفوذ نور خورشید شده و می‌تواند منجر به کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۳۰-۵ درصد گردد. (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۵) انتقال گردوغبار در اتمسفر و رسیدن آن‌ها به آب‌های دریایی باعث ورود فلزات سنگین و سمی زیادی به درون آب دریاها می‌شود (Reheis M, 1997: 26001). همچنین گرد و خاک‌ها ممکن است میکروارگانیسم‌های زنده مثل باکتری و قارچ داشته باشند و یا دارای ترکیبات شیمیایی مقاوم در برابر تجزیه ارگانیسم‌ها باشند. آن‌ها بعد از ایجاد لارو و ایجاد ترکیبات زهردار می‌توانند باعث بروز بیماری شوند. (vine H, 1987: 174) از جمله بیماری‌های رایج ناشی از ریزگردها بیماری ناخنک چشم و کراتیت شنی است. ذرات ماسه‌ای می‌توانند باعث خراشیده شدن قرنیه چشم و کاهش دید نیز شوند (walker, 1971: 5). شناسایی رژیم‌های مستعد تولید ریزگرد را می‌توان به کمک داده‌های ماهواره‌ای تشخیص داد. اغلب طوفان‌های ریزگردی در مناطق محدودی دیده می‌شوند. بررسی توزیع جهانی طوفان‌های گردوغبار باعث ایجاد مناطق کمربندهای گردوغبار شده‌است.

این کمریندها عمدتاً در نیمکره شمالی از شمال آفریقا تا چین گسترده‌گی دارند و در خارج از این کمریندها تراکم گردوغبار کم می‌شود.

### ۱-۲- منابع گردوغباری ایران :

حدود ۲۵٪ از مساحت کشور ایران به دلیل قرارگرفتن بر روی کمریند خشک و بیابانی جهان، تحت سیطره طوفان‌های گردوغباری می‌باشند. مهم‌ترین منابع گردوغباری وارد شده به غرب کشور، صحرای سوریه، صحرای شمال شبه جزیره عربستان و بیابان‌های جنوب عراق می‌باشند. تعداد روزهای توأم با طوفان‌های گردوغبار فقط در استان خوزستان بیش از ۱۵ روز در سال است (Alijani, Bhloul, 2000: 95).

در جنوب شرق ایران نیز مهمترین منبع تغذیه بار جامد طوفان‌ها بستر خشک‌ها مومن است. بالا بودن درجه حرارت طی دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه و قطع منابع بارش و خشکی فیزیکی محیط موجب مهیا شدن شرایط مناسب برای وزش طوفان‌های گردوغباری می‌باشد. (Alijani, Bohloul, 1987: 64)

مناطق که از نظر خاک‌های سیلتی غنی هستند مسئول اغلب طوفان‌های ریزگردی می‌باشند. زیرا چسبندگی بین ذرات این خاک ذاتاً کم است و به راحتی روی هم سر می‌خورند و توسط باد جابجا می‌شوند. برای جلوگیری از جابجایی و حرکت سیلت‌ها باید اصطکاک و درگیری بین دانه‌های خاک را با چسبندگی بین ذرات افزایش داد. فاکتورهای زیادی از جمله نوع خاک، توپوگرافی و اقلیم، می‌تواند یک ناحیه را مستعد تولید ریزگرد بسازد؛ اما در این میان، تغییر خصوصیات خاک با افزودنی‌های چسبنده، عاملی برای کنترل ریزگردها تلقی می‌گردد. استفاده از مصالح چسباننده مانند سیمان، آهک، قیر، الیاف و سرباره‌ها می‌تواند نقیصه و ضعف این خاک‌ها را تا حدود زیادی برطرف نماید. (Ameri, 2005: 7)

سیمان و آهک از دیرباز برای تثبیت خاک استفاده شده‌است. قیر هم با کشف نفت به جمع تثبیت کننده‌ها پیوست. مقاومت کششی عمده‌ترین خصوصیت الیاف است که منجر به افزایش مقاومت کششی خاک می‌شود. ریشه گیاهان همچون یک الیاف، می‌تواند افزایش قابل توجهی در پایداری و تثبیت آن به همراه داشته باشد. (Okhovat, 2010: 3) سرباره نیز یک ماده پوزولانی است که می‌توان از آن برای تثبیت خاک استفاده کرد. (Dashti, 2008: 4; Naderi, 2009: 8)

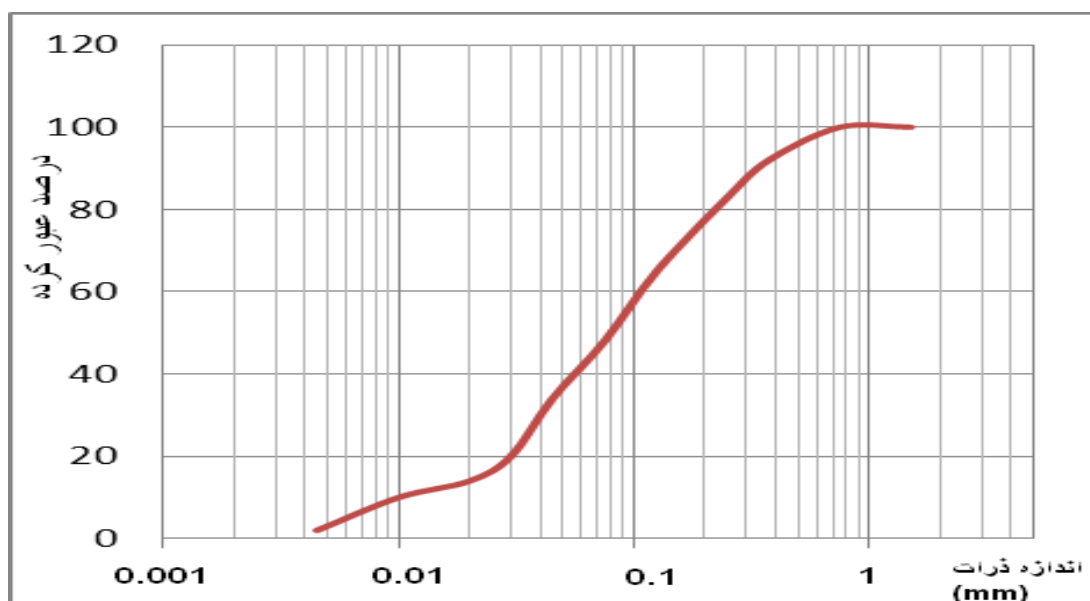
یکی از راههای مرسوم در کنترل گردوغبار، پاشش مداوم آب بر بستر خاک به منظور جلوگیری از فرسایش بادی است. هرچند بسته به موقعیت اقلیمی منطقه، طرح و نیروی کارگری مورد نیاز، می‌تواند کاملاً پر هزینه باشد. (Hoover J.M., 1987: 65)

از سال ۱۹۸۰ به بعد، تثبیت خاک با پلیمر به دلیل اجرای آسان و سرعت اجرا و کسب مقاومت بالا، از اهمیت بیشتری نسبت به مواد تثبیت کننده قدیمی برخوردار شد (Alaie, 2009: 28; Masoumi, 2009: 2; Zandieh, 2007: 36). با توجه به ویژگی‌های مختلف این مواد شیمیایی، آن‌ها با اهداف و اشکال مختلف برای افزایش ظرفیت نگهداری خاک و نیز کنترل فرسایش بادی و آبی مورد استفاده قرار گرفتند (Samaie et al, 2006: 6). هرکدام از این پلیمرها که در انواع امولسیون، مایع و یا پودر جامد تهیه می‌شوند؛ ویژگی خاصی بر روی خاک ایجاد می‌نمایند؛ لذا در این پژوهش، اثر پلیمر اکریلیک به عنوان عامل تثبیت کننده‌ی ریزگردها مورد بررسی قرار گرفته‌است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- خاک

خاک استفاده شده در این آزمایش، سیلت با خاصیت خمیری کم بوده که از مناطق جنوبی سبزوار، محل تجمع سیلت‌های بادرفتی استخراج و برای این پروژه شبیه‌سازی شده‌است. چگالی نسبی این خاک  $G_s = 2.7$  و چگالی ظاهری آن  $1/4$  گرم بر سانتی مترمکعب است. این خاک از الک NO.200 گذرانده شده و آزمایش هیدرومتری برای آن انجام گرفته‌است. نتایج این آزمایش در شکل ۱ بصورت منحنی دانه‌بندی ترسیم شده‌است.



شکل ۱: منحنی دانه‌بندی خاک مورد استفاده

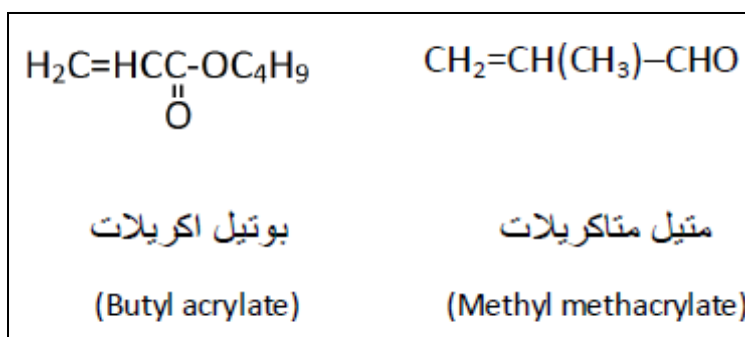
### ۲-۲- ماده شیمیایی

ماده شیمیایی مورد استفاده به نام کوپلیمر امولسیون بوتیل اکریلات- متیل متاکریلات که به نام پلیمر اکریلیک شناخته می‌شود، در محیط آب به صورت ذرات جامد می‌باشد که مشخصات آن در جدول ۱ و ساختار شیمیایی آن در شکل ۲ آمده‌است.

جدول ۱- مشخصات پلیمر بوتیل اکریلات- متیل متاکریلات

شکل ظاهری	مایع شیری رنگ
چگالی در ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۱/۰۸
PH	۸-۱۰
ویسکوزیته (pas)	۱۵۰-۲۰۰
اندازه ذرات (میکرون)	۰/۱۶۰

۸۰	حداقل دمای تشکیل فیلم (درجه سانتی‌گراد)
۳/۲	مدول کشسانی (GPa)
۷۰	استحکام کششی (MPa)
۱۵-۰.۵٪	درصد ازدیاد طول تا حد پارگی در ۲۰ درجه
۲۰	دمای تبدیل شیشه‌ای (درجه سانتی‌گراد)



شکل ۲: ساختار شیمیایی منومرهای مورد استفاده در پلیمرامولسیونی

### ۳- بحث و نتایج

#### ۳-۱- آماده سازی نمونه‌ها و شرح آزمایش‌ها:

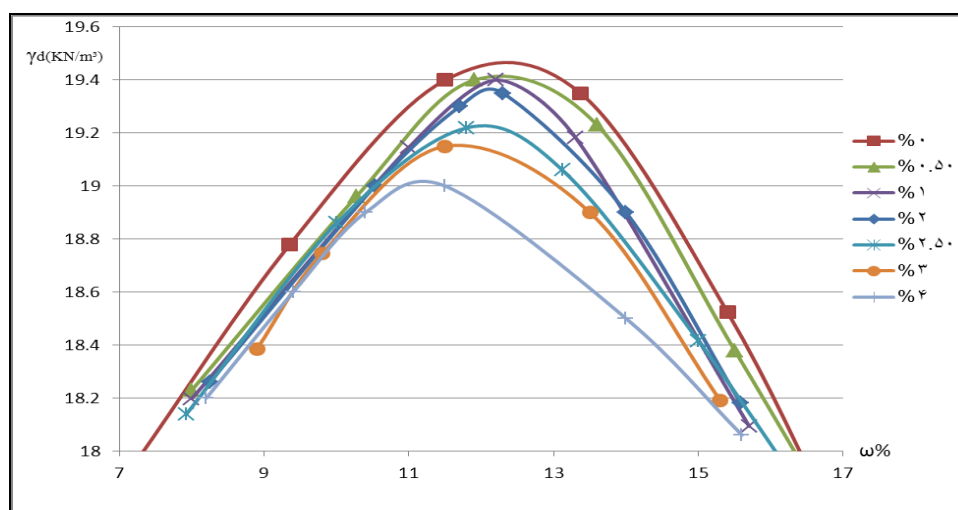
برای شروع و به منظور تهیه سوسپانسیون، مقدار معینی پودر پلیمر با ۷٪ وزنی آب ترکیب گردید. سوسپانسیون حاصله با ضرایب مختلفی به خاک اضافه شد تا بهترین مقدار مصرفی برای تثبیت خاک بدست آید. مقادیر سوسپانسیون نسبت به خاک از ۰٪ شروع شد و هر بار با افزایش ۰.۵٪، نسبت به حالت قبلی تا ۴٪ ادامه یافت.

#### ۳-۲- آزمایش تراکم پروکتور (ASTM D698-78):

خاک مخلوط شده با مقادیر مختلف سوسپانسیون هر بار طی ۳ لایه به داخل قالب پروکتور (ابعادی به قطر ۴ in و ارتفاع ۴/۶ in) ریخته شد تا آن را کاملاً پر کرد و با چکشی به وزن ۲.۵ کیلوگرم با ۲۵ ضربه متراکم گردید. برای تعیین وزن مخصوص خشک خاک، لازم بود هم وزن مخصوص طبیعی نمونه و هم رطوبت موجود در آن معلوم باشد. برای رسیدن به بیشینه تراکم (بیشترین وزن مخصوص خشک) و نیز مناسب‌ترین درصد رطوبت برای خاک، باید آزمایش چندین بار دیگر با مقادیر متفاوت آب تکرار می‌شد (Alaie, 2009: 8)، هر چند با این روش به نظر می‌رسد سوسپانسیون مصرفی رقیق‌تر شده و دیگر پلیمر درون آن ۷٪ نیست؛ ولی از آنجا که نهایتاً آب بهینه پس از انجام کامل آزمایش بدست می‌آید، می‌توان مقدار دقیق پلیمر درون سوسپانسیون را به درستی بیان کرد. نتایج کار فرزی و همکاران در جدول ۲ و شکل ۳ آمده‌است.

جدول ۲- نتایج آزمایش تراکم پروکتور ( برگرفته از نتایج فرزی و همکاران، ۲۰۱۲، ۵)

میزان پلیمر (%)	درصد رطوبت بهینه (ω%)	حداکثر وزن مخصوص خشک $\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	حداکثر جرم مخصوص خشک $\rho_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )
0	12.5	19.45	1.983
0.5	12.4	19.42	1.980
1	12.3	19.41	1.978
2	12.3	19.35	1.972
2.5	11.8	19.22	1.959
3	11.5	19.15	1.952
4	11	19.04	1.941



شکل ۳- منحنی تراکم پروکتور (برگرفته از نتایج فرزی و همکاران، ۲۰۱۲، ۸)

برای خاک بدون پلیمر، وجود فضاهای خالی و نیز گسستگی بین ذرات پایداری آن را به شدت کاهش می‌دهد؛ ولی در خاک‌های با پلیمر، علاوه بر فضای خالی میان ذرات که با ماده چسباننده پلیمری پر می‌گردد، این مواد جایگزین ذرات خاک نیز می‌شود و به دلیل این که چگالی ویژه پلیمر از خاک کمتر است، این عمل باعث کاهش وزن مخصوص خشک خاک می‌گردد. با افزایش درصد پلیمر، ذرات پلیمر بیشتر جای ذرات خاک را اشغال می‌کنند و در نتیجه باعث کاهش بیشتر وزن مخصوص خاک می‌شوند. بدین ترتیب ملاحظه می‌گردد که علیرغم کاهش وزن مخصوص، باز هم خاک پایدارتر است ولی باید به اقتصادی بودن طرح نسبت به افزایش پلیمر توجه کرد.

### ۳-۳- آزمایش غرقاب کردن (ASTM C267):

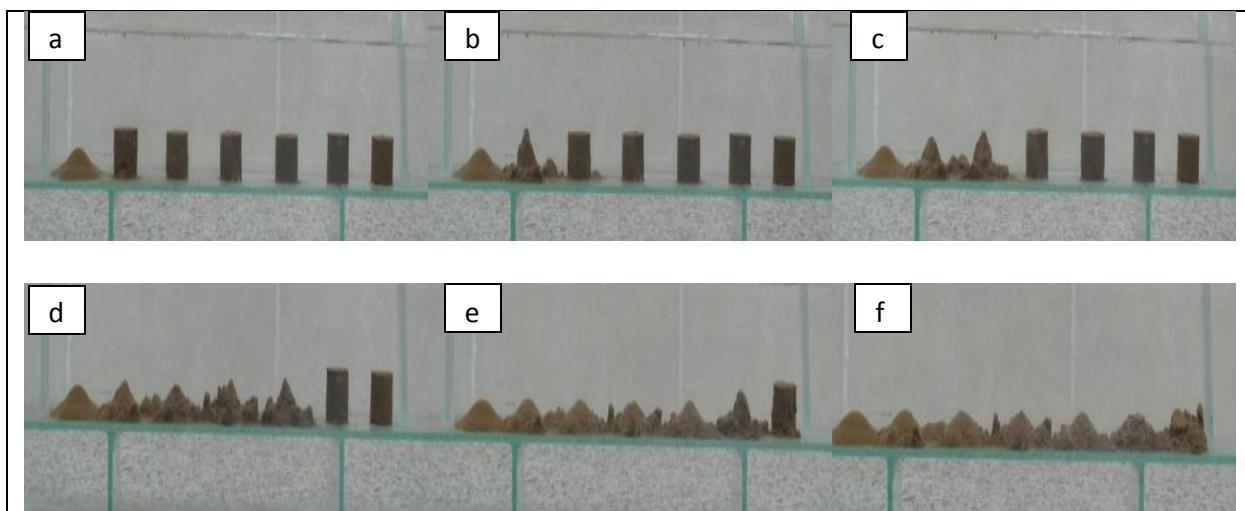
از آنجا که در عمل، پایداری نمونه‌های تهیه شده با پلیمر در برابر بارندگی‌های زود هنگام و قبل از گیرش اولیه پلیمر اهمیت زیادی دارد؛ باید زمان بحرانی خیس شدن نمونه‌ها، مشخص گردد. برای این منظور، فرزی و همکاران نمونه‌هایی به قطر ۲/۵ cm و ارتفاع ۲/۵ cm ساختند و پس از مدت زمان‌هایی متفاوت ۰، ۱ و ۲۴ ساعت و همچنین ۳۰ روز که در محیط آزمایشگاه بودند، به داخل آب منتقل نمودند تا زمان‌های پایداری آن‌ها در آب اندازه‌گیری گردد.

با توجه به نتایج موجود در جدول ۳ و شکل‌های ۴ و ۵ که روند خرابی نمونه‌های بدون پلیمر و با پلیمر را با شرایط نگهداری در محیط آزمایشگاه طی زمان‌های صفر ساعته، یک ساعته، بیست و چهار ساعته و خشک کامل در حالت غرقاب نشان می‌دهد، می‌توان گفت با بیشتر شدن پلیمر و نیز افزایش زمان خشک شدن، زمان پایداری نمونه‌ها در داخل آب افزایش می‌یابد.

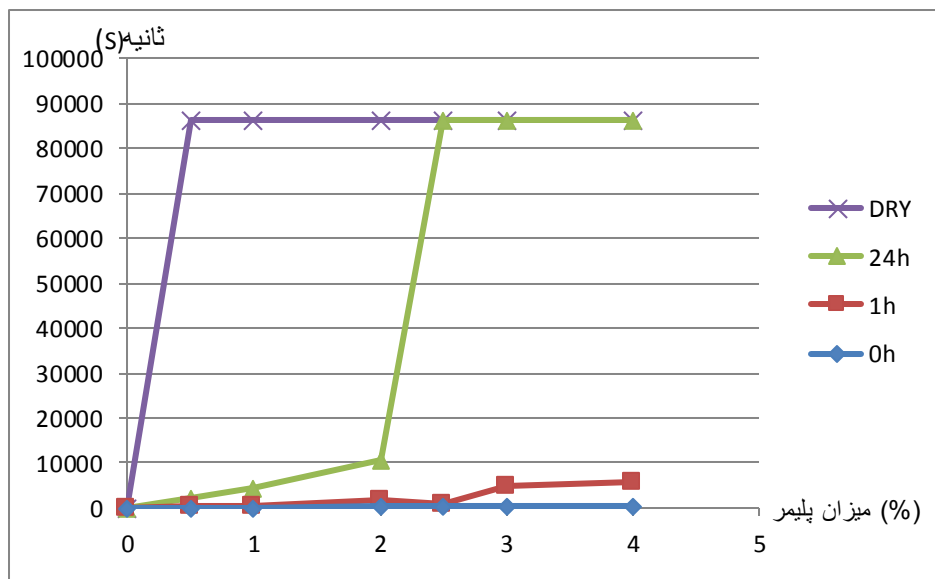
جدول ۳- نتایج آزمایش غرقاب (برگرفته از نتایج فرزی و همکاران، ۲۰۱۲، ۷)

زمان پلیمر	0h	1h	24h	Dried in Oven
0%	10 s	8 s	6 s	5 s
0.5%	19 s	290 s	2422 s	>10 D
1%	53.68 s	335 s	4530 s	>10 D
2%	235.43 s	1740 s	10800 s	>10 D
2.5%	270.73 s	2358 s	>10 D	>10 D
3%	294.43 s	5030 s	>10 D	>10 D
4%	460 s	5760 s	>10 D	>10 D

S = ثانیه      D = روز



شکل ۴: روند خرابی نمونه‌های غرقاب (برگرفته از نتایج فرزی و همکاران، ۲۰۱۲، ۷)



شکل ۵: نتایج آزمایش غرقاب (برگرفته از نتایج فرزی و همکاران، ۲۰۱۲، ۹)

نکته قابل توجهی که از نمودار فوق می‌توان فهمید این است که افزایش مدت زمان حضور نمونه‌ها در محیط، تاثیر قابل توجهی در پایداری نمونه‌های 1hr نسبت به 0hr دارد؛ این جهش، مدت زمان پایداری نمونه‌های 24hr نسبت به 1hr بیشتر قابل توجه است. همچنین در حالت خشک کامل، پایداری تمام نمونه‌های پلیمری در داخل آب به دلیل گیرش کامل پلیمر، بیش از ۱۰ روز ادامه داشت. نکته جالب توجه دیگری که در بحث پایداری نمونه‌های حاوی پلیمر مشاهده شد، رفتار چسبندگی پلیمر در این آزمایش بود که پس از خرابی نمونه‌های غرقاب، چنانچه نمونه‌ای از هم پاشیده از آب خارج شده و خشک گردد، پلیمر مجدداً چسبندگی خود را بدست آورده و نمونه همچون حالت قبل از غرقاب، قادر به تحمل پایداری و استقامت در درون آب است (Farzi, Gh, Tadayonfar, 2012: 9)

### ۳-۴- آزمایش مقاومت در برابر باد (ASTM D 3161):

در این روش که توسط انجمن آزمایشات و مواد آمریکا برای آسفالت طراحی شده است، از پنلهایی به ابعاد  $1/3 * 1/7$  متر استفاده می‌شود که به مدت ۲ ساعت در معرض وزش باد با سرعت  $97/2$  کیلومتر بر ساعت قرار می‌گیرند تا میزان شل‌شدگی یا رها شدن ذرات مشخص گردد. در این پژوهش به علت محدودیت وسایل آزمایشگاهی از جمله تونل باد، از نمونه‌هایی که با ابعاد  $3\text{ cm} * 40\text{ cm} * 40\text{ cm}$  تهیه شده بودند، استفاده گردید. نمونه‌ها بر اساس آزمایش پروکتور متراکم و به مدت ۷ روز (برای اطمینان از خشک شدن نمونه‌ها) در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند و سپس به داخل تونل باد منتقل گردیده تا زمان‌های پایداری آن‌ها در برابر وزش باد اندازه‌گیری گردد.

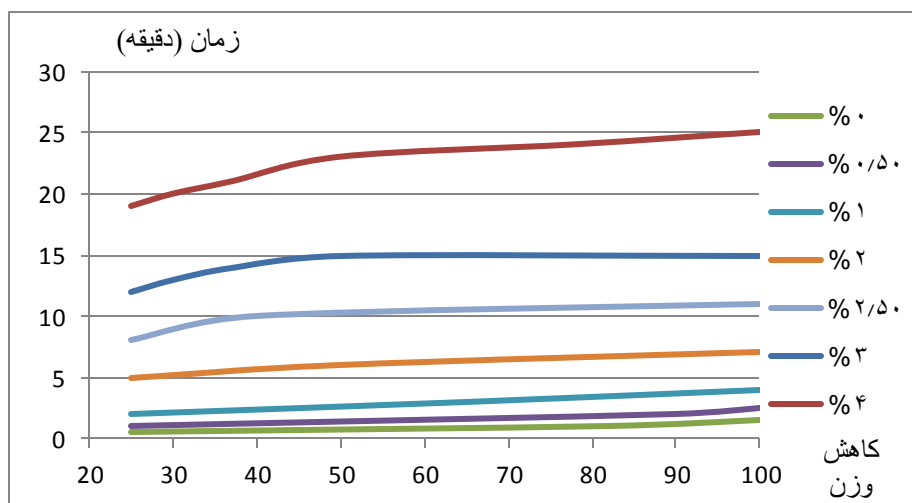
برای ساخت نمونه‌ها ابتدا مقدار مشخصی آب (با توجه به درصد رطوبت بهینه به دست آمده از آزمایش تراکم پروکتور)، به پلیمرسوسپانسیون اضافه گردید و محلول حاصل به داخل خاک خشک ریخته شد تا پس از ورز دادن و هم زدن، نمونه‌ای یکنواختی بدست آید تا پس از ۷ روز قرارگرفتن در جای مناسب و در دمای محیط آزمایشگاه، مورد استفاده قرار گیرند.



روند ناپایداری نمونه‌های ساخته شده در تونل باد با سرعت  $20 \text{ m/s}$  مورد آزمایش قرار گرفت. در حین انجام آزمایش، ذرات خاک به تدریج از یکدیگر جدا گشته و در زمان‌های مختلف وزن آن توزین و درصد کاهش یافته آن محاسبه گردیدند. نتایج حاصله در جدول ۴ و شکل ۶ ارائه شده است.

جدول ۴: نتایج کاهش وزن (%)

پلیمر \ زمان	1 min	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min
% 0	83%	100%	-	-	-	-	-
% 0.5	-	100%	-	-	-	-	-
% 1	-	25%	100%	-	-	-	-
% 2	-	-	24%	100%	-	-	-
% 2.5	-	-	-	47%	100%	-	-
% 3	-	-	-	-	44%	100%	-
% 4	-	-	-	-	-	30%	100%



شکل ۶: نمودار کاهش وزن

با توجه به جدول ۴ و شکل ۶ می‌توان نتیجه گرفت که هر چه نمونه مورد آزمایش دارای پلیمر بیشتری باشد، مقاومت آن در مقابل وزش باد افزایش می‌یابد. این موضوع با افزایش میزان پلیمر در نمونه‌هایی که حداقل ۲/۵ ساعت (زمان گیرش اولیه پلیمر) در محیط قرار گرفته‌اند، باعث افزایش چسبندگی بین ذرات شده و بنابراین مقاومت نمونه‌ها افزایش می‌یابد و براساس روابط میان پارامترهای مقاومتی خاک و چسبندگی ذرات قابل توجیه است. خاک بدون پلیمر مقاومت کمی از خود نشان می‌دهد. این مقاومت به دلیل افزایش زاویه اصطکاک داخلی خاک (درگیری بیشتر ذرات خاک با یکدیگر) در اثر تراکم شدن خاک، هنگام ساخت نمونه است.

## ۴- نتیجه‌گیری

۱. علیرغم کاهش وزن مخصوص خشک خاک بواسطه افزودن پلیمر به آن، پایداری نمونه‌ها در برابر باد افزایش می‌یابد.  
 ۲. با متراکم شدن خاک مورد آزمایش، هم در حالت بدون پلیمر و هم در حالت با پلیمر، مقاومت خاک افزایش می‌یابد.  
 ۳. تصور اینکه افزودن پلیمر به خاک تقریباً تا ۲ ساعت بعد از مخلوط کردن که گیرش اولیه اتفاق نیفتاده و مقاومت خاک را افزایش نداده‌است؛ تاثیر زیادی ندارد، اشتباه‌است؛ زیرا به علت خیس بودن نمونه‌ها بهتر در برابر وزش باد مقاومت می‌کنند و پایدار می‌مانند.

۴. بطور کلی مقاومت خاک در مقابل باد با افزودن پلیمر افزایش می‌یابد و هر چه مقدار پلیمر بیشتر باشد، مقاومت کسب شده افزایش می‌یابد.

پیشنهاد می‌شود به منظور بهینه نمودن شرایط اجرایی، آزمایش در مقیاس صحرایی نیز انجام گردد و میزان پلیمر مورد استفاده در شرایط طبیعی با لحاظ نمودن پارامترهای مهم دیگری نظیر دما، رطوبت، جهت و میزان سرعت باد، میزان پوشش گیاهی منطقه، ضریب نفوذپذیری خاک، عمق نفوذ و تأثیر پلیمر، نحوه اجرا و پاشیدن، نحوه تراکم و ... تعیین گردد

## ۵- منابع

1. Azari, F, (1984) Codes and monitoring methods, Atmospheric sciences and meteorology center for higher education, publications of meteorological organization,
2. Okhovat, N, Pourhoseini, R (2000) Improving resistance behavior of soil with synthetic fibers, 5<sup>th</sup> national congress of civil engineering.
3. Bawsher & Kit (1994), Climate of Earth, extra tropical zone, volume 2, Bohloul Alijani translation, SAMT Publications.
4. Dashti, N, Safikhani, A (2008) Investigation of experimental results of using slag in embankment.
5. Samaie, H, R, Golchin, A, and Mosadeghi M.R (2006) Controlling pollution due wind erosion by solution polymers in water, congress of soil and environment and sustainable development.
6. Shahsavani et al, (2010), effects on dust storms on the health an environment, Journal of science and medicine university of north Khorasan, perid 2, N 4, P 45-56
7. Ameri, Mahmoud, (2005), Stability guidelines embankment and pavement layers of roads. Education, research and technology assistance of Iran University of science and technology- Institute of transportation.
8. Alaie, Hamed (2009) Study of stabilized soil features with polymer material, Master Thesis, Islamic Azad university Najafabad branch.
9. Alijani, Bhloul (2000) Climate of Iran, Publication of Payamnour University.
10. Alijani, Bohloul (1987) diversity relation silica path with air systems, geographical Journal No.4
11. Farzi, Gh, Tadayonfar (2012), improving mechanics properties of Silt soils using emulsion polymers, research design, Hakim sabzevari University
12. Farzi, Gh, Tadayonfar (2012), improving mechanics properties of Silt soils using base water polymers, research design, Hakim sabzevari University.
13. Masoumi, Alef, Abtahi, H (2009) Using new chemical material to stabilization of loose sandy soils. 1<sup>st</sup> national chemical congress of Iran
14. Naderi, H, (2009) Effect of blast furnace granulated slag of Zobahan od Isfahan on the resistance and inflammatory features of the clay stabilized by lime adjacent sulphat, Master Thesis, Bu-Ali Sina university of Hamedan.

15. Hoover J.M. 1987. Dust control on construction sites. Arizona Department of Transportation, Report No. FHWA AZ, 86-807. 65p
16. Palmer, JT, Edgar TV, Borens AP (1995), "Strength and Density Modification of Unpaved Road Soils Due to Chemical Additives". Master's Thesis, University of Wyoming, Department of Civil and Architectural Engineering, Laramie, Wyoming, January. DC, pp. 33-41.
17. Reheis M. Dust deposition of Owens (dry) lake, 1991-1994: preliminary findings. J Geophys Res 102: 25999-26008.1997
18. Vine H. Wind-blown materials and W. African soils: an explanation of the ferrallitic soil over loose sandy sediments profile. Geol soc spec pub 35: 171-183.1987
19. Walker PH, Costing AB. Atmospheric dust accretion in south – eastern Australia. Dust soil Res 9: 1-5 1971
20. Zandieh, AR, Yasrobi, SS, (2007), Study of factors affecting the compressive strength of sandy soil stabilized with polymer. Department of civil engineering, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.